

SURFACE FLAW INSPECTION APPARATUS

Publication number: JP10009837 (A)

Publication date: 1998-01-16

Inventor(s): YOSHIDA KIYOSHI; IMANISHI MASANORI; SUZUKI YUTAKA; WATANABE MASAMI

Applicant(s): NISSAN MOTOR

Classification:

- international: G01B11/30; G01N21/55; G01N21/88; G01N21/93; G06T1/00; G06T7/00; G01B11/30; G01N21/55; G01N21/88; G06T1/00; G06T7/00; (IPC1-7): G01B11/30; G01N21/55; G01N21/88; G06T1/00; G06T7/00

- European: G01N21/88K

Application number: JP19960166349 19960626

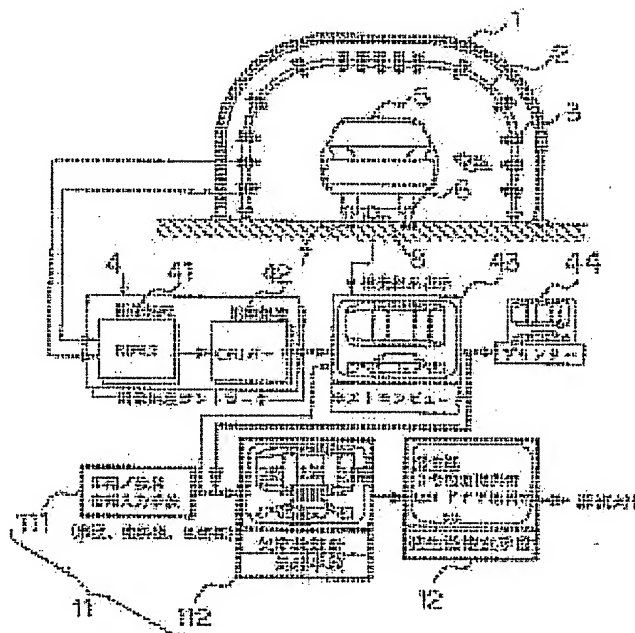
Priority number(s): JP19960166349 19960626

Also published as:

JP3204443 (B2)

Abstract of JP 10009837 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide surface flaw inspection apparatus enabling early prevention of occurrence of a costing defect even when a surface to be inspected is a complicated curved surface. **SOLUTION:** This equipment has an illuminating means 1 which is shaped like a gate surrounding a body 5 bending an object of inspection and forms a prescribed light-and-shaped pattern on a surface to be inspected, an image pickup device fixing means 2 which is fitted with a plurality of image pickup device CCD cameras 3 forming a received light image on the basis of reflected light from the surface to be inspected, an inspection processing means 4 which detects a flaw on the surface on the basis of the received light image and outputs the result of the detection,; a flaw number statistically processing means 11 which executes a statistic processing on the basis of information on the detected flaw from the inspection processing means and information on a surface to be coated and a flaw causing source estimating means 12 which estimates a causing source of the flaw from the data from flaw number statistically processing means. The body is passed through the inside of the gate formed by the illuminating means and the image pickup device fixing means and flaw inspection by the inspection processing means and the estimation of the flaw causing source by the flaw causing source estimating means are conducted.



特開平10-9837

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月16日

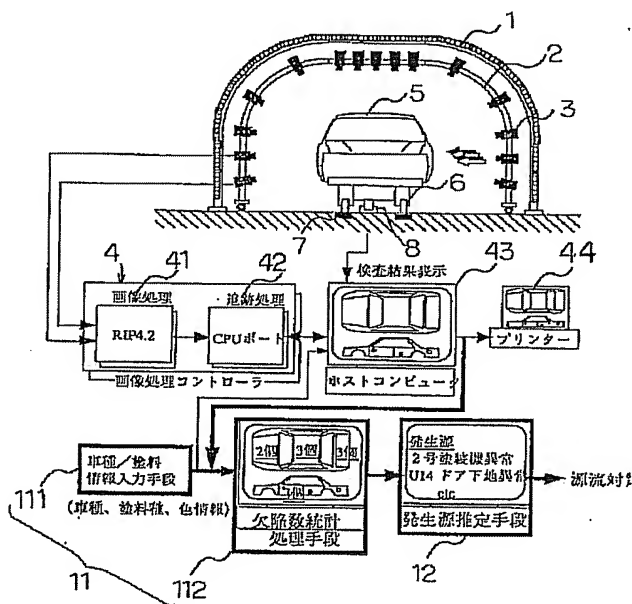
(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	F I	
G01B 11/30		G01B 11/30	E
G01N 21/55		G01N 21/55	.
21/88		21/88	Z
G06T 7/00		G06F 15/62	400
1/00		15/64	C
		審査請求 未請求 請求項の数18 O L	(全22頁)
(21) 出願番号	特願平8-166349	(71) 出願人	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22) 出願日	平成8年(1996) 6月26日	(72) 発明者	吉 田 清 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(72) 発明者	今 西 正 則 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(72) 発明者	鈴木 裕 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 小塩 豊
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面欠陥検査装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 被検査面が複雑な曲面であっても、塗装欠陥の発生を早期に防止できる表面欠陥検査装置を提供する。

【解決手段】 被検査体であるボディ5を囲む門型形状を成し且つ被検査面上に所定の明暗パターンを形成する照明手段1と、被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成する複数の撮像装置CCDカメラ3が取り付けられた撮像装置固定手段2と、受光画像に基づいて被検査面上の欠陥を検出してその結果を出力する検査処理手段4と、検査処理手段からの欠陥検出情報と被塗装面情報により統計処理する欠陥数統計処理手段11と、欠陥数統計処理手段から欠陥の発生源を推定する欠陥発生源推定手段12を備え、照明手段および撮像装置固定手段の門型内部にボディを通過させて検査処理手段による被検査面の欠陥検査と欠陥発生源推定手段による欠陥発生源の推定を行う。



{ボディ選別：車種、色、水平面、左右、上下}
{欠陥選別：サイズ、形状、位置、密度、強度}

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検査体の被検査面に光を照射し、被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成し、この受光画像に基づいて被検査面上の欠陥を検出する表面欠陥検査装置において、被検査体を囲む門型形状を成し且つ被検査面上に所定の明暗パターンを形成する照明手段と、被検査体を囲む門型形状を成し且つ被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成する複数の撮像装置が取り付けられた撮像装置固定手段と、撮像装置により得られた受光画像に基づいて被検査面上の欠陥を検出してその結果を出力する検査処理手段と、検査処理手段からの欠陥検出情報と被塗装面情報により統計処理する欠陥数統計処理手段と、欠陥数統計処理手段からの欠陥統計処理結果と経験的な欠陥不具合情報に基づいて欠陥の発生源を推定する欠陥発生源推定手段を備え、照明手段および撮像装置固定手段の門型内部に被検査体を通過させて被検査面の欠陥検査と欠陥発生源の推定を行うことを特徴とする表面欠陥検査装置。

【請求項 2】 照明手段の門型形状は、被検査体の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した形状であることを特徴とする請求項 1 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 3】 照明手段は、白色の背景板に、ほぼ等間隔に配置された複数の光源を備え、光源の被検査面側に、光透過部と艶消し黒色部を交互に配置した光拡散シートを備え、光源からの光を光拡散シートの光透過部に通すことにより被検査面上に明暗パターンを形成することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 4】 照明手段の光拡散シートは、被検査体を囲む門型形状を成す艶消し黒色のシートガイドに張っており、シートガイドは、光源および背景板から移動可能であることを特徴とする請求項 3 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 5】 撮像装置固定手段の門型形状は、被検査体の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した形状であることを特徴とする請求項 1 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 6】 撮像装置は CCD カメラであって、各 CCD カメラによる全体の視野が被検査体の移動方向の正面輪郭に沿った連続した帯状を成すと共に、隣接する CCD カメラ同士の視野が所定の領域でオーバーラップしており、且つ被検査体の移動方向と CCD カメラの受光画像における水平もしくは垂直方向とを一致させたことを特徴とする請求項 1 または 5 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 7】 明暗パターンは、CCD カメラに映る明暗パターン数に基づいて明暗パターンの間隔が変化することを特徴とする請求項 6 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 8】 CCD カメラの視野調整、ピント調整およびオーバーラップ量調整は、被検査体の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した形状を成し且つその表面に所定間

隔の線もしくは点の図形が描かれた参照モデルを用いて行うことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 9】 参照モデルは、被検査体の移動方向に対する横断面のうちの最大の横断面輪郭にほぼ適合した形状であることを特徴とする請求項 8 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 1 0】 参照モデルの図形の線以外の部分の色が被検査体の被検査面の塗装色で最も明度の高い色であって、上記参照モデルの表面を撮像しながら CCD カメラのレンズ絞りおよびシャッタースピードを調整することを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 1 1】 被検査面の塗装色で塗装され且つカメラ視野より大きいテストピースを参照モデルの表面に接して設け、テストピースを撮像しながら CCD カメラのレンズ絞りおよびシャッタースピードを調整することを特徴とする請求項 8 ないし 1 0 のいずれかに記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 1 2】 検査処理手段は、複数の撮像装置で得られた受光画像の画像データにおける空間周波数成分のうち高い周波数領域で且つレベルが所定値以上の成分のみを抽出する画像強調処理手段と、画像強調処理手段からの時間的に異なる画像データにおいて被検査体の移動量および移動方向が所定の条件で一致する目標部分を検出する追跡処理手段を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 1 3】 画像強調処理手段は、抽出された高い周波数領域で且つレベルが所定値以上の成分のサイズ（面積）、形（縦横比）を判定する欠陥形状判定手段を備えたことを特徴とする請求項 1 2 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 1 4】 検査処理手段は、検査開始および検査終了を判断する検査開始終了判定手段と、検査開始から被検査体の移動量を測定する移動量測定手段を備え、これらの手段から得た情報に基づいて追跡処理手段で検出した目標部分の被検査面上の位置を算出し、その結果を被検査体の展開図上に表示する手段を備えていることを特徴とする請求項 1 2 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 1 5】 被検査体の展開図は、被検査体に対する撮像装置の取付角度および画角に基づいて描かれていることを特徴とする請求項 1 4 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 1 6】 被検査体が照明手段および撮像装置固定手段の門型内部を通過し且つ被検査面の検査を行っている際に被検査体とこの被検査体を移動させる搬送コンベアの速度とを一致させる速度一致手段を備えたことを特徴とする請求項 1、1 2 および 1 4 のいずれかに記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 1 7】 欠陥数統計処理手段は、被検査体の種

類、塗料種（色）等の被検査体情報入力手段を備え、検査処理手段からの欠陥サイズ、形、ボディ位置情報に基づいて統計処理することを特徴とする請求項 1 に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項 18】 欠陥発生源推定手段は、欠陥数統計処理手段からの種類別、部位別、欠陥種（サイズ、形状）別の欠陥統計処理情報（欠陥数）と経験的な不具合発生情報により欠陥の発生部位を特定することを特徴とする請求項 1 に記載の表面欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、自動車のボディの塗装面における凹凸等の表面欠陥を検出するのに用いる表面欠陥検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の表面欠陥検査装置としては、例えば、特開昭 64-38638 号公報などに記載されたものがある。

【0003】同公報に記載された装置では、被検査体の被検査面上に光の帯を形成し、この光の帯をカメラにより撮像すると共に、この光の帯を移動させてその反射像を連続且つ段階的に記録し、最終的にこれらの部分的な像の記録を全体像に編集して、被検査面上の欠陥およびこの欠陥の座標情報を出力するようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記したような従来の表面欠陥検査装置にあっては、例えば、自動車のボディのように複雑な曲面を有する被検査体を対象とした場合、曲面部分では光の帯の反射方向が曲率に応じて変化するため、その反射像を常にカメラのイメージセンタに映し出すための制御が必要になり、さらに、自動車のボディの曲面は部位や車種毎に異なるため、制御がより複雑になるという問題があり、このような問題を解決することが課題であった。

【0005】また、欠陥の検出は、光の帯の反射像において暗部または光の帯における像の輪郭変化として現れることを利用するものであるが、それを自動的にかつ安定的に検出する方法や装置については何んら考慮がなされていないという問題があり、このような問題を解決することが課題であった。

【0006】さらに、現状の自動車等の自動塗装ラインでは、塗装欠陥の検出とその統計処理を人間が工数と時間をかけて実施しているが、この場合、塗装機の不良や塗料の不良を特定するまでに非常に多くの時間がかかるため、塗装欠陥の発生を早期に抑えることが難しいのが現状であるという問題があり、このような問題を解決することが課題であった。

【0007】

【発明の目的】本発明は、上記従来の課題に着目して成されたもので、（1）被検査面が複雑な曲面であって

も、簡単な制御で表面欠陥を自動的に且つ精度よく高速処理して検出することができ、例えば、自動車等の塗装面の塗装欠陥を自動的に且つ精度よく短時間のうちに検出することができ、（2）多種類のボディ、パーツと複数の塗装機および多種類の塗料を使用する自動車等の複雑な自動塗装ラインであっても、塗装欠陥の自動検出結果を迅速に統計処理し、その発生源の特定を行うことにより、上流ラインへの正確な欠陥発生源の情報提供を行うことができる表面欠陥検査装置を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係わる表面欠陥検査装置は、請求項 1 に記載しているように、被検査体の被検査面に光を照射し、被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成し、この受光画像に基づいて被検査面上の欠陥を検出する表面欠陥検査装置において、被検査体を囲む門型形状を成し且つ被検査面上に所定の明暗パターンを形成する照明手段と、被検査体を囲む門型形状を成し且つ被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成する複数の撮像装置が取り付けられた撮像装置固定手段と、撮像装置により得られた受光画像に基づいて被検査面上の欠陥を検出してその結果を出力する検査処理手段と、検査処理手段からの欠陥検出情報と被塗装面情報により統計処理する欠陥数統計処理手段と、欠陥数統計処理手段からの欠陥統計処理結果と経験的な欠陥不具合情報に基づいて欠陥の発生源を推定する欠陥発生源推定手段を備え、照明手段および撮像装置固定手段の門型内部に被検査体を通過させて被検査面の欠陥検査と欠陥発生源の推定を行う構成としたことを特徴としており、このような構成を上記課題を解決するための手段としている。

【0009】本発明に係わる表面欠陥検査装置の実施態様においては、請求項 2 に記載しているように、照明手段の門型形状は、被検査体の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した形状である構成のものとすることができ、請求項 3 に記載しているように、照明手段は、白色の背景板に、ほぼ等間隔に配置された複数の光源を備え、共に、光源の被検査面側に、光透過部と艶消し黒色部を交互に配置した光拡散シートを備え、光源からの光を光拡散シートの光透過部に通すことにより被検査面上に明暗パターンを形成する構成のものとすることができ、請求項 4 に記載しているように、照明手段の光拡散シートは、被検査体を囲む門型形状を成す艶消し黒色のシートガイドに張ってあり、シートガイドは、光源および背景板から移動可能である構成のものとすることができ、

【0010】同じく、本発明に係わる表面欠陥検査装置の実施態様においては、請求項 5 に記載しているように、撮像装置固定手段の門型形状は、被検査体の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した形状である構成のものとすることができ、請求項 6 に記載しているように、撮像装

10

20

30

40

50

置は CCD カメラであって、各 CCD カメラによる全体の視野が被検査体の移動方向の正面輪郭に沿った連続した帯状を成すと共に、隣接する CCD カメラ同士の視野が所定の領域でオーバーラップしており、且つ被検査体の移動方向と CCD カメラの受光画像における水平もしくは垂直方向とを一致させた構成のものとすることができ、請求項 7 に記載しているように、明暗パターンは、CCD カメラに映る明暗パターン数に基づいて明暗パターンの間隔が変化する構成のものとすることができ、

【0011】同じく、本発明に係わる表面欠陥検査装置の実施態様においては、請求項 8 に記載しているように、CCD カメラの視野調整、ピント調整およびオーバーラップ量調整は、被検査体の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した形状を成し且つその表面に所定間隔の線（格子線等をも含む）もしくは点の図形が描かれた参照モデルを用いて行う構成のものとすることができ、請求項 9 に記載しているように、参照モデルは、被検査体の移動方向に対する横断面のうちの最大の横断面輪郭にほぼ適合した形状である構成のものとすることができ、請求項 10 に記載しているように、参照モデルの図形の線以外

の部分の色が被検査体の被検査面の塗装色で最も明度の高い色であって、上記参照モデルの表面を撮像しながら CCD カメラのレンズ絞りおよびシャッタースピードを調整する構成のものとすることができ、請求項 11 に記載しているように、被検査面の塗装色で塗装され且つカメラ視野より大きいテストピースを参照モデルの表面に接して設け、テストピースを撮像しながら CCD カメラのレンズ絞りおよびシャッタースピードを調整する構成のものとすることができ、

【0012】同じく、本発明に係わる表面欠陥検査装置の実施態様においては、請求項 12 に記載しているように、検査処理手段は、複数の撮像装置で得られた受光画像の画像データにおける空間周波数成分のうち高い周波数領域で且つレベルが所定値以上の成分のみを抽出する画像強調処理手段と、画像強調処理手段からの時間的に異なる画像データにおいて被検査体の移動量および移動方向が所定の条件で一致する目標部分を検出する追跡処理手段を備えている構成のものとすることができ、請求項 13 に記載しているように、画像強調処理手段は、抽出された高い周波数領域で且つレベルが所定値以上の成分のサイズ（面積）、形（縦横比）を判定する欠陥形状判定手段を備えた構成のものとすることができ、

【0013】同じく、本発明に係わる表面欠陥検査装置の実施態様においては、請求項 14 に記載しているように、検査処理手段は、検査開始および検査終了を判断する検査開始終了判定手段と、検査開始から被検査体の移動量を測定する移動量測定手段を備え、これらの手段から得た情報に基づいて追跡処理手段で検出した目標部分の被検査面上の位置を算出し、その結果を被検査体の展開図上に表示する手段を備えている構成のものとすることができ、

とができ、請求項 15 に記載しているように、被検査体の展開図は、被検査体に対する撮像装置の取付角度および画角に基づいて描かれている構成のものとすることができ、請求項 16 に記載しているように、被検査体が照明手段および撮像装置固定手段の門型内部を通過し且つ被検査面の検査を行っている際に被検査体とこの被検査体を移動させる搬送コンベアとの速度とを一致させる速度一致手段を備えた構成のものとすることができ、

【0014】同じく、本発明に係わる表面欠陥検査装置の実施態様においては、請求項 17 に記載しているように、欠陥数統計処理手段は、被検査体の種類、塗料種（色）等の被検査体情報入力手段を備え、検査処理手段からの欠陥サイズ、形、ボディ位置情報に基づいて統計処理する構成のものとすることができ、請求項 18 に記載しているように、欠陥発生源推定手段は、欠陥数統計処理手段からの種類別、部位別、欠陥種（サイズ、形状）別の欠陥統計処理情報（欠陥数）と経験的な不具合発生情報により欠陥の発生部位を特定する構成のものとすることができ、

【0015】

【発明の効果】本発明の請求項 1 に係わる表面欠陥検査装置によれば、被検査体を囲む門型形状を成す照明手段、および同じく被検査体を囲む門型形状を成し且つ撮像装置を備えた撮像装置固定手段を採用し、被検査面上に光の明暗パターンを形成すると共に、照明手段および撮像装置固定手段の門型内部に被検査体を通過させて検査処理手段による被検査面の欠陥検査と欠陥発生源推定手段による欠陥発生源の推定を行うようにしたから、被検査面に複雑な曲面がある場合であっても、被検査面全体に対する照明および撮像の条件をほぼ均等にすることができ、照明手段や撮像装置さらには被検査体に対して何ら複雑な制御を行うことなく、簡単な制御で表面欠陥を自動的に且つ精度良くしかも高速に検出することができると共に、多種類のボディ、パーツと複数の塗装機および多種類の塗料を使用する自動車等の複雑な自動塗装ラインであっても、塗装欠陥の自動検出結果を迅速に統計処理し、その発生源の特定を行うことにより、上流ラインへの正確な欠陥発生源の情報提供を行うことが可能であって塗装欠陥の発生を早期に抑制することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0016】本発明の請求項 2 に係わる表面欠陥検査装置によれば、照明手段の門型形状は被検査体の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した形状にしたので、請求項 1 の効果に加えて、被検査面全体に対する照明条件をより一層均一なものにすることができ、表面欠陥の検出をより容易に且つより精度よく行うことができる。

【0017】本発明の請求項 3 に係わる表面欠陥検査装置によれば、請求項 1 および 2 の効果に加えて、明暗パターンをより正確に形成することができ、表面欠陥の検出のさらなる容易化および精度向上に貢献し得る。

【0018】本発明の請求項4に係わる表面欠陥検査装置によれば、請求項3の効果に加えて、シートガイドの移動により、当該シートガイド、光源および背景板のメンテナンスにも容易に対処することができる。

【0019】本発明の請求項5に係わる表面欠陥検査装置によれば、撮像装置固定手段の門型形状を被検査物体の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した形状にしたので、請求項1の効果に加えて、被検査面全体に対する撮像条件をより一層均一なものにすることができ、表面欠陥の検出をより容易に且つより精度よく行うことができる。

【0020】本発明の請求項6に係わる表面欠陥検査装置によれば、請求項1および5の効果に加えて、被検査面全体を隙間なく検査することができ、検査のさらなる精度の向上を実現することができる。

【0021】本発明の請求項7に係わる表面欠陥検査装置によれば、請求項6の効果に加えて、検査精度をより一層向上させることができる。

【0022】本発明の請求項8～11に係わる表面欠陥検査装置によれば、請求項6および7の効果に加えて、参照モデルの採用によって、撮像装置の調整をより容易に且つより迅速に行うことができるとともに、検査精度をより一層向上させることができる。

【0023】本発明の請求項12に係わる表面欠陥検査装置によれば、請求項1の効果に加えて、表面欠陥をより迅速に且つより正確に検出することができ、また、本発明の請求項13に係わる表面欠陥検査装置によれば、欠陥のサイズ（面積）、形（縦横比）などの欠陥形状をも判定することができる。

【0024】本発明の請求項14に係わる表面欠陥検査装置によれば、請求項12の効果に加えて、被検査体の展開図上において表面欠陥を容易に認識することができ、後の修正作業などに活用することが容易であり、さらに、本発明の請求項15に係わる表面欠陥検査装置によれば、請求項14の効果に加えて、被検査体の展開図上における表面欠陥の位置をより正確に表示することができる。

【0025】さらに、本発明の請求項16に係わる表面欠陥検査装置によれば、請求項1、12および14の効果に加えて、被検査体と搬送コンベアとの速度を確実に一致させることができ、検査精度ならびに展開図上における表面欠陥の表示の精度をより一層高めることができる。

【0026】さらに、本発明の請求項17に係わる表面欠陥検査装置によれば、検査処理手段で検出した大きさ、形状、位置情報を含む欠陥情報と車種、部位、塗料情報により統計処理することができ、車種や塗料の種類に対応した精度の高い表面欠陥検査を行うことができる。

【0027】さらにまた、本発明の請求項18に係わる表面欠陥検査装置によれば、欠陥の発生部位を特定する

ことが可能となって上流ラインへの正確な欠陥発生源の情報提供を行うことができる。

【0028】

【実施例】以下、図面に基づいて、本発明に係わる表面欠陥検査装置の一実施例を説明する。この実施例では、被検査体である自動車のボディにおいて、被検査面である塗装面の欠陥を検査する場合を示している。

【0029】この実施例による表面欠陥検査装置は、図1～図3に示すように、照明手段1と、撮像装置固定手段2と、撮像装置固定手段2に取り付けられた複数の撮像装置3と、検査処理手段4、欠陥数統計処理手段11と、欠陥発生源推定手段12を備えている。

【0030】このうち、照明手段1は、ボディ5の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した門型（アーチ）形状を成し、被検査面上に所定の明暗パターンを映し出すように構成されている。

【0031】また、撮像装置固定手段2は、照明手段1とほぼ同一形状で照明手段1に並設されている。

【0032】さらに、撮像装置3は、CCDカメラ（以下「カメラ3」と記す）であって、明暗パターンの映る被検査面を撮像するように、撮像装置固定手段2の所定の位置に各々取付け固定してある。

【0033】さらにまた、検査処理手段4は、主に、画像強調処理手段41、追跡処理手段42、ホストコンピュータ43等で構成してある。

【0034】さらにまた、ホストコンピュータ43には検査結果出力手段44としてプリンターが接続してある。

【0035】さらにまた、欠陥数統計処理手段11は、車種／塗料情報入力手段111と統計処理手段112で構成され、検査処理手段4で検出した大きさ、形状、位置情報を含む欠陥情報と車種／部位／塗料情報により統計処理する。

【0036】さらにまた、欠陥発生源推定手段12は、欠陥数統計処理手段11で算出した統計処理結果と塗装ラインでの経験的な不具合情報に基づき欠陥の発生源を特定をする。

【0037】さらにまた、ボディ5は、台車6に載せられると共に、レール7および搬送コンベア8によって照明手段1および撮像装置固定手段2の門型内部を移動し、その間に検査処理手段4で所定の処理が行われ、被検査面であるボディ5の塗装面の検査が行われる。

【0038】照明手段1および撮像装置固定手段2は、ボディ5の搬送方向（図2中の矢印Aの方向）に対して直交方向に設置されている。また、カメラ3は、調整固定治具3aによって撮像装置固定手段2の所定の位置および角度に調整された状態で固定してある。

【0039】照明手段1は、図1に示すように、ボディ5の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した形状とすることにより、光照射面からボディ5の表面までの距離が部位

にかかわらずほぼ一定となり、これによって照明手段 1 からの光をボディ 5 の表面にむだなくほぼ均一に照射することができるようにしている。

【0040】また、照明手段 1 は、図 4 および図 5 に示すように、光源 101 の光を被検査面にむだなく且つむらなく照射するために、白色に着色処理されもしくは光を拡散反射するように表面処理された複数の背景板 102 を備え、この背景板 102 に複数の光源 101 がほぼ等間隔に取り付けられた構造となっている。

【0041】光源 101 は、U 字管タイプの蛍光灯であって、1 つの背景板 102 の被検査体側に 2 列で合計 4 本取り付けられ、その裏側に光源 101 を高周波点灯させる電源 107 (図 7 参照) が取り付けられている。そして、光源 101、背景板 102 および電源 107 を 1 つの照明ユニット 104 とし、この照明ユニット 104 を図 5 に示すように門型形状をした支柱 103 に隙間無く取り付けることにより、照明手段 1 を構成している。

【0042】図 6 に示す光拡散シート 105 は、ボディ 5 の正面輪郭形状に合わせて容易に変形できるような可撓性を有し且つ透光性を有する材料から成るものであって、例えば、艶消し黒色のマスキングテープを等間隔に貼ることにより、光透過部 105a と艶消し黒色部 105b を交互に配置したものである。ここで、光を拡散する理由は、ボディ塗装色がメタリック塗装などといった場合にメタリックの光輝材の影響を抑えるためである。

【0043】また、光拡散シート 105 がしわの生じ易い材質で、このしわによって陰や照明むらが発生する場合には、図 6 に示すように、シートガイド 106 により光拡散シート 105 を下方から支えると共に、この光拡散シート 105 をボディ 5 の正面輪郭形状に合わせて張ることにより、しわの発生を抑える。

【0044】さらに、シートガイド 106 は、艶消し黒色に塗装されており、支柱 103 は、光拡散シート 105 の艶消し黒色部 105b に重なる間隔となっている。そして、光拡散シート 105 とシートガイド 106 とは、この支柱 103 において艶消し黒色のボルト、ナットおよびワッシャ (図示せず) により固定してある。

【0045】さらに、シートガイド 106 には、キャスター 106a が取り付けられていて、光拡散シート 105 を張った状態でボディ 5 の前後方向に移動できる構造となっている。したがって、図 8 に示すようにシートガイド 106 を矢印 B 方向に移動させることにより、例えば、光源 101 の交換などを容易に行えるものとなる。

【0046】撮像装置固定手段 2 は、図 9 に示すように、ボディ 5 の移動方向の正面輪郭形状にほぼ合った形状をなすものである。これは、各カメラ 3 からボディ 5 の表面までの距離をほぼ一定にするためであり、その結果、全てのカメラ 3 での視野の大きさがほぼ同一となる。ボディ 5 の形状に応じた距離の細かい調整やカメラ 3 の向きの調整は、撮像装置固定手段 2 の所定位置に固

定された調整固定治具 3a で行われる。そして、調整固定治具 3a でも調整できないような場合、例えば、ボディ 5 のフード (ボンネット) とルーフ (天井) といったように高さが大きく異なる面では、レンズの焦点距離を変えてカメラ 3 の視野の大きさを調整してもよい。

【0047】さらに、図 10 に示すように、各々隣接するカメラ 3 同士の視野は、所定の大きさ以上でオーバーラップした帯状となるように調整されている。上記のように、フード部とルーフ部とでは高さが大きく異なるが、図 10 から明らかなように、これらの部位は、同一のカメラで同時に検査されることはないので、図 9 に示すように、フード用のカメラ (3) H1~H8 とルーフ用のカメラ (3) R1~R7 とを切り換えて各々調整してもよい。

【0048】カメラ 3 の切り換え位置は、図 21 に示すように、検査の必要がない前後ウィンドウ部の位置 (符号 C で示す) とするのが適当である。このとき、ルーフ用カメラ (3) R1~R7 の視野は、左右の側面用カメラ (3) SL1~SL5、SR1~SR5 およびフード用カメラ (3) H1~H8 と同様に、図 10 に示すごとくルーフ部で帯状となる。

【0049】また、上記カメラ視野のオーバーラップは、図 10 の斜線部で示すような領域である。ただし、オーバーラップ量が大きいくほどカメラ 3 の台数が増加してしまうので、検出したい欠陥の最小の大きさから画像の分解能、つまり、カメラ 1 台あたりの視野の大きさを決定し、その視野の大きさから被検査面全面を検査するのに必要なおおよそのカメラ台数を決定し、最終的にオーバーラップ量を設定すればよい。さらに、図 10 に示すように、長方形で表した各々のカメラ視野は、カメラ受光画像中をボディ 5 が水平もしくは垂直方向に移動するような向きに、斜めになることなく固定される。

【0050】図 18 は検査ラインの概略を示すものであって、ボディ 5 を載せた台車 6 は、搬送コンベア 8 によって移動する。この搬送コンベア 8 は、チェーン 81、駆動装置 82 およびフック 84 を備えており、駆動装置 82 には回転量情報を検出するパルスジェネレータ 83 が設けてある。そして、台車 6 の下部の爪 61 にフック 84 が引っかかっており、駆動装置 82 が矢印 D の方向に回転することによりチェーン 81 が駆動され、ボディ 5 を矢印 A の方向に搬送する。

【0051】このとき、爪 61 とフック 84 との間にがたつきがあると、チェーン 81 の移動量とボディ 5 を載せた台車 6 の移動量とが厳密には一致しなくなるため、後述するパルスジェネレータ 83 から得られる駆動装置 82 の回転量情報を用いてボディ 5 の移動量を算出する時点で誤差が発生し、検出精度が低下してしまう恐れがある。そこで、図 18 に示すように、フック 84 が爪 61 をボディ 5 の搬送方向の前後から隙間なく常に接触するように挟み込む構造としている。さらに、チェーン 8

1 に余分なたるみがないように調整すれば、ボディ 5 と搬送コンベア 8 の速度とをより一致させることができる。

【0052】また、他の例として、搬送コンベア 8 およびレール 7 等の全体が搬送方向に対して上り坂となっていれば、ボディ 5 の自重で爪 61 とフック 84 とが常に接触することとなるため、がたつきは発生しない。このような速度一致手段は、この実施例のみに限定されるものではない。

【0053】上記の速度一致手段により、搬送コンベア 8 の移動量と一致した台車 6 に載ったボディ 5 は、先述した位置に配置された照明手段 1 およびカメラ 3 が取り付けられた撮像装置固定手段 2 の門型内部を、レール 7 に沿って低速度且つ振動することなくスムーズに移動し、それと同時に検査処理手段 4 が以下に説明する手順でボディ塗装面上の欠陥を自動的に検査する。

【0054】図 19 は、検査処理手段 4 を構成する画像強調処理手段 41 における画像例および処理フローを示すものである。

【0055】照明手段 1 によって明暗パターンが映し出された被検査面をカメラ 3 で撮像すると図 19 (a) に示すような原画像 a となる。そして、図 19 の (d) に示すステップ S1 で画像入力された原画像 a において、凹凸状の欠陥部 E では光が乱反射するため、図 19 の (a) に示すように明パターンでは暗部となって現れ、欠陥 E が暗パターンにある場合は明部となって現れる。

【0056】この原画像 a に対してステップ S2 で微分等のエッジ検出処理を行ない、ステップ S3 において所定のしきい値で 2 値化すると、図 19 の (b) に示すような画像において輝度変化のあった領域、つまり、空間周波数の高い領域が白、それ以外の部分が黒となった 2 値画像 b が得られる。この 2 値画像 b の白画素に対してステップ S4 においてラベリング (番号付け) を行い、さらにステップ S5 において面積/重心計算を行なう。この 2 値画像 b の白画素において欠陥 E は孤立点であり、明暗パターンの境界線は画面の上下を横切るような大きな物体となることから、ステップ S6 において、所定の判定値で面積判定を行ない、面積の小さい孤立点のみを抽出すると図 19 の (c) に示すような画像となる。ここで、ゆず肌といった欠陥にはならない塗装面上の凹凸があると、これらは図 19 の (c) に示すように欠陥とともに孤立点 (以下、これをノイズ N と称す) となり、抽出される場合がある。

【0057】このような画像から欠陥 E のみを抽出するための追跡処理手段 42 の作用について図 19 および図 20 を用いて説明する。画像強調処理手段 41 において孤立点を抽出する処理を時間的に連続して行なうと、面積判定結果の画像は図 20 の (a) ~ (f) に示すようなものとなり、これらを重ね合わせると図 20 の (g) に示すようになる。

【0058】つまり、カメラ 3 および照明手段 1 は固定され、ボディ 5 は移動するので、カメラ画像においてボディ表面にある欠陥 E はボディ 5 の移動に応じて図 20 の (g) において矢印 G の方向に移動するが、ノイズ N はボディ 5 の移動とは無関係にランダムに発生する。したがって、これによって、時間的に異なる連続した面積判定結果の画像から、ボディ 5 の移動量および移動方向が所定の条件で一致するものが最終的に欠陥 E と判断できる。

【0059】画像における欠陥 E の移動方向は、カメラ 3 に対してボディ 5 がどのような方向で通過するかによって決定するため、本実施例のようにカメラ 3 の位置が固定でボディ 5 の搬送方向が常に同じであるならば、各カメラ 3 毎に決定できる。さらに、カメラ 3 の視野が、前述したようにボディ 5 の搬送方向に平行に設定されていれば、欠陥 E は画像中の水平もしくは垂直方向に移動することになる。本実施例では、欠陥 E が図 20 の (g) に示すように画像中を真横方向 (矢印 G 方向) に移動するような向きにカメラ 3 が固定されているものとして説明している。

【0060】このようにして得られた 2 つの時間的に異なる連続した画像において、まず初めに、各画像の各白画素における y 方向 (画面の縦方向) の重心座標の比較を行なう。上記のように、欠陥 E は画像中を真横方向に移動するため、2 つの画像間で y 方向重心座標がほぼ同じ白画素があれば、その白画素が欠陥 E である可能性が高いと判断できるため、欠陥候補としてメモリに記憶する。

【0061】次に、x 方向の比較であるが、上記欠陥候補中の白画素において、2 つの画像間の x 方向重心座標の差が画像における移動画素数、符号が移動方向を表すので、図 19 の (d) に示すステップ S7 におけるボディ 5 の移動量から算出した実移動画素数および画像におけるボディ 5 の移動方向とをステップ S8 で比較し、これらが所定の範囲で一致していれば、その白画素が欠陥 E である可能性がさらに高いと判断できるので、その白画素の時間的に新しい x, y 重心座標を記憶する。

【0062】上記のような一連の処理を繰り返して行ない、1 つの白画素において上記比較の一致回数が所定の回数以上になったならば、ステップ S9 においてその白画素を欠陥 E と判定し、ステップ S10 において欠陥リストに最終的な重心座標および面積を書き込んで記憶する。そして、追跡処理手段 42 では、上記のような処理をボディ 5 がカメラ視野に映っている間に連続して行ない、ボディ 5 の通過に後、上記欠陥リストをホストコンピュータ 43 に送る。

【0063】ここで、上記実移動画素数は、式 (1) より算出できる。

【0064】

実移動画素数 $X = (\text{画像間時間 } t \times \text{ボディ移動速度 } v \times \text{画像サイズ } L) / \text{カメラ視野 } A) \cdots (1)$

ここで、画像間時間 t は、比較する 2 つの時間的に異なる画像間の時間差であって、本実施例では画像強調処理の処理時間に相当する。これは、追跡処理手段 42 が画像強調処理手段 41 からデータ（面積判定後の面積／重心座標データ）を受け取る間隔を計数すれば測定可能である。（例えば、0.1 [s]）

また、ボディ移動速度 v は、パルスジェネレータ 83 による駆動装置 82 の回転量情報からホストコンピュータ 43 が算出し、追跡処理手段 42 に随時送られる。（例えば、100 [mm/s]）

さらに、画像サイズ L は、画像におけるボディ移動方向の画素数であって、例えば、 $x \times y = 512 \times 480$ 画素の画像でボディ 5 が x 方向に移動するならば、 $L = 512$ となる。

【0065】さらにまた、カメラ視野 A は、被検査面におけるカメラ視野のボディ移動方向の寸法であって、例えば、被検査面において 1 つのカメラ視野（図 10 の長方形）が $x \times y = 120 \times 100$ [mm] でボディ 5 が x 方向に移動するならば、 $A = 120$ [mm] となる。

【0066】次に、上記画像間時間 t 、ボディ移動速度 v およびカメラ視野 A の関係について説明する。

【0067】本実施例では、画像間時間 t が画像強調処理時間に相当するが、時間 t の間に視野 A を通過してしまうほど速度 v が速すぎると、欠陥があった場合、同一の欠陥が画像中に 2 回以上出現しないために上記追跡処理が成立しない。よって、欠陥が画像中を少なくとも 2 回以上映るように時間 t 、速度 v および視野 A を設定する。

【0068】また、所定の時間間隔毎にタイマー割り込みをかけて上記画像強調処理を実行すれば時間 t が一定となるため、各種調整や演算が容易となる。なお、画像強調処理手段 41 および追跡処理手段 42 は、本実施例の構成に限定されるものではない。

【0069】上記のような検査処理手段 4 でボディ 1 台分の検査が終了すると、その欠陥検査結果に基づいて、ボディ表面上の欠陥位置に相当するにボディ展開図上の位置にマーク（例えば、●印）を表示するが、この手順について以下に説明する。

【0070】まず、検査処理手段 4 は、検査開始終了判定手段と、移動量測定手段を備えている。

【0071】検査開始終了判定手段は、ボディ 5 の移動を検出して各種検査処理の開始および終了のタイミングを判断するもので、例えば、透過型光電スイッチをボデ

ィ搬送方向に対して垂直方向に、且つボディ 5 の先端および後端が光電スイッチの光りを遮るような高さに、そしてまた、カメラ視野にボディ先端が映る直前にボディ 5 が光電スイッチを遮るような位置に取付ることによって実現できる。このとき、ボディ 5 および台車 6 の相対位置関係が既知であれば、上記光電スイッチを台車 6 に合わせて取り付けても良い。

【0072】また、他の例としては、カメラ視野内にボディ 5 が入っていてカメラ画像にボディ 5 が映っているときと、ボディ 5 がなく背景のみが映っているときとの、画像の輝度の違いを利用して検査の開始および終了のタイミングを判断してもよい。なお、上記検査開始終了判定手段は、本実施例に限定されるものではない。

【0073】移動量測定手段は、検査開始終了判定手段で検出された検査開始地点を基準としてボディ 5 の移動量を測定するものである。本実施例では、上記移動量がパルスジェネレータ 83 から得られる駆動装置 82 の回転情報とホストコンピュータ 43 の内部クロック等の時間情報から移動量を算出する。つまり、検査処理手段 4 は常にボディ 5 の検査位置が把握でき、先の追跡処理手段 42 で検出された欠陥 E のボディ上の位置が算出できるので、最終的にホストコンピュータ 43 では欠陥の面積／重心座標およびボディ 5 上での位置情報がリストに記憶される。

【0074】上記一連の処理が各カメラ画像に対して実行され、検出した欠陥のリスト情報に基づいて、例えば、図 21 に示すようなボディ 5 の展開図における表示位置を算出してマークする。

【0075】この場合、図 21 中の y 方向における欠陥表示位置は、各々のカメラ視野の大きさおよびカメラ位置は既知であり、上記のように画像中を移動する欠陥の y 方向重心座標はほとんど変化しないため、展開図の縮尺度が決まれば容易に算出できる。同様に、 x 方向の欠陥表示位置は、上記のように図 21 に示す検査開始地点 P を基準としてボディ移動量から算出できる。このように欠陥位置にマークを表示した展開図は、例えば、モニターやプリンターなどの出力装置に出力される。

【0076】表 1 および表 2 は 1 時間ごとに欠陥数統計処理手段 11 にて算出した処理結果の実施例を示すものである。

【0077】

【表 1】

< 車種分類例 >

部位 1	部位 2	車種 A / 台	車種 B / 台	車種 C / 台
垂 直	上	1 . 2 個	0 . 8 個	0 . 9 個
	中	0 . 1 個		
	下	0 個		
水 平	右	0 個		
	左	0 個		

【 0 0 7 8 】

【表 2】

< 塗料種 / 色分類例 >

部位 1	部位 2	塗料 A / 台	塗料 B / 台	塗料 C / 台
垂 直	上	1 . 2 個	0 . 1 個	0 . 2 個
	中	0 . 1 個		
	下	0 個		
水 平	右	0 個		
	左	0 個		

【 0 0 7 9 】 表 1 および表 2 に示すように、車種、ボディ部位、塗料種・色ごとに欠陥数と欠陥種類（大きさ、形状）の統計処理をおこなっている。

【 0 0 8 0 】 また、図 2 6 は欠陥発生源の推定フローを示すものであって、ステップ 2 1 では車種分類、ステップ 2 2 では塗料 / 色分類、ステップ 2 3 では車体部位分類、ステップ 2 4 では欠陥種分類ごとにそれぞれ良好であるか異常であるかを判定し、異常である場合には、ステップ 2 6 において欠陥サイズ / 形状 / 発生頻度等の分

類を行い、ステップ 2 7 においてライン不具合情報との照合を行い、ステップ 2 8 において塗装ライン構成からの発生源特定を行って、ステップ 2 9 において異常表示 / 指示を行う。

【 0 0 8 1 】 このようにして、欠陥数統計処理結果とラインでの経験的な不具合情報により、欠陥の発生源をより正確に特定する。

【 0 0 8 2 】 図 1 1 は、ドア面およびフード / トランク面調整用参照モデル 9 1 の概略正面図、平面図および側

面図であってドア面 9 1 d およびフード／トランク面 9 1 f / t に相当するものである。また、図 1 2 は、ピラー面およびルーフ面調整用参照モデル 9 2 の概略正面図、平面図および側面図であって、ピラー面 9 2 p およびリーフ面 9 2 r に相当するものである。

【0083】これらの参照モデル 9 1, 9 2 の形状は、図からも明らかであるように、ボディ 5 の移動方向の正面輪郭とほぼ適合している。本実施例では、ボディ 5 のフード面とルーフ面の高さの差が大きく、それぞれ別のカメラで検査する構成であるため、2 種類の参照モデル 9 1, 9 2 を用意しているが、参照モデルの種類はボディ (被検査体) 5 の形状に応じて用意すれば良い。また、参照モデル 9 1, 9 2 の平面および側面には所定の間隔の格子線が描かれており、各カメラ 3 でこの格子線を撮影してモニターで確認しながらカメラ視野を図 1 0 に示すように調整する。

【0084】つまり、この格子線は、カメラ視野の大きさが確認できればよいので、図 1 4 の (a) に示すような所定の間隔の点からなるものや、図 1 4 の (b) に示すようなあらかじめ決定しておいた視野の大きさとはほぼ同じ四角形などの図形からなるものであっても良い。このとき、モニターに映し出された参照モデル 9 1, 9 2 の図形を見ながらピント調整も同時に行なう。

【0085】図 1 3 は、上記調整時における照明手段 1 とカメラ 3 と参照モデル 9 1 (9 2) との位置関係を示す概略平面図である。この場合、ボディ 5 は搬送コンベア 8 によりレール 7 に沿って移動するため、参照モデル 9 1 (9 2) は移動時のボディ 5 と同じ位置、つまり、レールに対して 90° でその両端がボディ 5 の側面と一致する位置に設置される。

【0086】図 1 6 は、フード／トランク面およびドア面調整時における照明手段 1 とカメラ 3 と参照モデル 9 1 との位置関係を示す概略正面図であり、同様に図 1 7 はルーフ面およびピラー面調整時の概略正面図である。

【0087】そして、上記と同様に、搬送時のボディ位置と参照モデル 9 1, 9 2 の位置を一致させるために、調整用台 9 3, 9 4 に参照モデル 9 1, 9 2 をそれぞれ載せてカメラ 3 の各種調整を行なう。

【0088】図 1 1, 1 2 に示すように参照モデル 9 1, 9 2 の形状は、ボディ 5 の移動方向の正面輪郭にほぼ適合した形状であるとともに、ボディ 5 の移動方向に対する横断面のうちの最大の横断面輪郭に適合していなければならない。そして、最も大きい輪郭であるということは、カメラ 3 からの距離が最も小さいということであり、この状態でカメラの視野調整を行なえばそれ以外の部位ではカメラ 3 からの距離が遠くなるので隣合うカメラ 3, 3 のオーバーラップはかならず存在することとなる。

【0089】言いかえると、横断面の輪郭が最大でない状態でオーバーラップ量を調整すると、図 9 に示すよう

に、カメラ視野断面は三角形なので、カメラ 3 とボディ 5 との距離が小さくなるほど視野は小さくなるため、調整時以上の大きさの横断面輪郭を持つ部位では、所定のオーバーラップ量が確保できない。このためには、参照モデル 9 1, 9 2 が最も大きい横断面輪郭に適合した形状であればよく、自動車のボディ 5 に関して言えば、例えば、側面ではドア部、ルーフ部ではルーフ中央部、フード／トランク部では最も高い部位がそれぞれ参照モデルの形状に適している。

【0090】図 1 5 は、ボディの形状が異なる場合の例を示すものである。このうち、図 1 5 の (a) に示すように、ボディ 5 A における移動方向の正面輪郭がボディ 5 B における移動方向の正面輪郭に比べて全ての部位で大きい 2 種類のボディ 5 A, 5 B の場合には、参照モデル 9 1, 9 2 は、ボディ 5 A の正面輪郭に対応させた図中の太線のようにになる。また、図 1 5 (b) に示すように、ボディ 5 A, 5 B の輪郭の大きさが部位によって異なる場合には、ボディ 5 A, 5 B のうち正面輪郭の大きい方を選んでこれらを滑らかに結ぶ図中の太線のような形状となる。

【0091】次に、カメラ 3 の調整方法について説明する。

【0092】ボディ 5 の形状や種類によってカメラ 3 から被検査面までの距離つまり撮影距離が変化するので、すべての場合でピントが合うようにするためには、カメラ 3 の被写界深度 (ピントの合う範囲) を撮影距離の変化に対して十分大きくとる必要がある。この被写界深度は、レンズ絞り値、レンズ焦点距離および撮影距離から計算することができるので、カメラ視野の大きさ等からレンズ仕様や撮影距離、および必要な被写界深度を予め決めれば、およそのレンズ絞り値を決定することができる。

【0093】さらに、カメラ 3 のシャッタースピードは、本実施例のようにボディ 5 が移動している場合、カメラ受光画像がブレないような値である必要があるので、移動速度も考慮した上でおよその絞りおよびシャッタースピードを微調整して決定すれば良い。

【0094】次に、レンズ絞りおよびシャッタースピードは、被検査面の光反射特性において最も反射率の高い状態で、カメラ 3 の出力信号レベルが飽和しないようにオシロスコープ等を用いて調整する。そして、本実施例のごとく自動車のボディ 5 の場合は、白やシルバーメタリックといった最も明度の高い塗装色で調整を行なえば良い。また、上記光の反射量は、照明およびカメラ 3 と被検査面までの距離で近いほど大きいので、例えば、本実施例のように照明およびカメラ位置が固定であれば、ボディの 5 の最大の正面輪郭より作成された先に示した参照モデル 9 1, 9 2 の表面で調整を行なえば良い。

【0095】上記調整の目安としては、明るさ (輝度)

方向のダイナミックレンジを無駄なく使用するため、カメラ 3 の出力信号レベルがホワイトレベルをオーバーする少し手前であればよい。さらに、調整を効率よく行なうためには、参照モデル 91, 92 の視野調整用の図形が描かれている面の図形以外の背景の部分が、上記のように白やシルバーメタリックといった反射率の最も高い状態となっていれば、カメラ 3 の視野調整とともに調整を行なうことができる。

【0096】また、上記のように参照モデル 91, 92 の調整面を塗装することが困難なときは、白やシルバーメタリックに塗装したカメラ視野より大きいテストピースを用意し、調整したいカメラ視野に対応する参照モデル表面に接して置き、それをカメラ 3 で撮像しながら調整を行なえば良い。

【0097】次に、明暗パターンについて説明する。

【0098】先に説明した画像強調処理手段 41 において微分によるエッジ検出を用いた場合、画像中の輝度変化を抽出するので図 19 の (b) に示すように、明暗パターンの境界線も白画素として抽出される。したがって、欠陥 E が明暗パターンの境界線付近にあると、欠陥 E と境界線とが一体化してしまい、欠陥 E が孤立点として現れない場合がある。

【0099】さらに、1 画面当たりに映る境界線の数が多くなるほど欠陥 E が消える頻度が高くなるため、欠陥検出精度が低下してしまうことになる。例えば、ボディ 5 のフロントフェンダーの先端部は、凸状の曲面をなすので、凸レンズの作用をすることから、明暗パターンのピッチが部位によらず一定ならば、カメラ画像には平面部のときよりも多く上記境界線が映ることになり、欠陥検出精度が低下することとなる。

【0100】そこで、上記問題点を解決する一例を図 24 および図 25 に基づいて説明する。

【0101】図 24 および図 25 において、点線は光拡散シート 105 を通過してボディ 5 の表面で反射し、さらにカメラ 3 の視野に映る明暗パターンを示すもので、図面に各画像例を示す。例えば、画像中に明暗パターン境界線が 4 本現れるようにするためには、明暗パターンのピッチをボディ 5 の形状を考慮して設計すれば良い。ここでは、明暗パターンの境界線の本数が問題であり、画像における明暗パターンの映り方、つまり、明／暗の順序は、欠陥での乱反射を利用した検出原理とは無関係なので何等制限はない。

【0102】また、図 24 および図 25 に示すように、ボディ 5 の側面と水平面とにおける明暗パターンのピッチが異なる場合は、明暗パターンシートにおける側面から水平面に移行する位置、例えば、門型形状の R 部において、明暗パターンが不連続とならないように艶消しの黒色テープを貼れば、前後のフェンダー面からフード／トランク面までの間の R 部でも明暗パターンが極端に歪むことなく映し出すことができる。

【0103】なお、図 24 および 25 に示す例は、画像中の境界線を 4 本としたが、境界線の本数は各カメラ 3 において同じである必要はない。また、境界線が少ないほど画面中に欠陥の現れる頻度は高くなるが、境界線を少なくするために明暗パターンのピッチを広げすぎると欠陥での凹凸による乱反射を利用して欠陥を検出する場合に、小さい欠陥の検出精度が低下してしまうので、これらを考慮に入れて実験的に明暗パターンを設計すれば良い。

【0104】次に、被検査体の展開図について説明する。

【0105】本実施例では、ボディ 5 の形状にかかわらずカメラ 3 の視野に映るボディ表面には照明手段 1 の明暗パターンを形成するような構成となっている。つまり、図 23 に示すように、カメラ 3 がボディ 5 に対して斜め前方から撮像するような構成であり、このときのカメラ取付角度を $\theta 2$ 、カメラの画角を $\theta 1$ としている。

【0106】このようなカメラ位置で上記の検査処理を行ない、図 21 に示すような通常の展開図に欠陥位置を表示した場合、実際のボディ上の欠陥位置と一致しない場合がある。これは、カメラ 3 が図 23 に示すように斜め前方からの視点で撮像しているのに対して、展開図はボディ 5 の真横（側面図）および真上（水平面）からの視点で見た図であって、それぞれ視点が異なるためである。このような欠陥の表示ずれを防ぐには、図 22 に示すように、図 22 の (a) に示す回転なしの状態から、図 22 の (b) に示す回転ありの状態、すなわち、ボディ 5 を実際のカメラ 3 のように斜め前方から見たような展開図を用いれば良い。そして、このときの展開図の回転角度は、上記角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ を実験的に決定すれば良い。

【0107】次に、図 27 に示した他の実施例について説明する。図 27 において、符号 114 はボディ色検出手段であって、前出の図 1 に示した実施例では、車種／塗料情報入力手段 111 に車種、塗料種および色情報を入力するようにしていたが、図 27 に示す実施例では、車種／塗料情報入力手段 111 に車種および塗料種情報を入力し、色情報についてはボディ色検出手段 114 によってボディ 5 それ自体から検出して入力するようにした場合を示している。

【0108】また、図 28 に示したさらに他の実施例について説明する。図 28 に示した実施例では、車種および色情報をそれぞれ車種検知手段 113 およびボディ色検出手段 114 によってボディ 5 それ自体から検出して入力するようにした場合を示している。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例による表面欠陥検査装置を機能ブロック図と共に示す概略正面説明図である。

【図 2】本発明の一実施例による表面欠陥検査装置の概略平面説明図である。

【図 3】本発明の一実施例による表面欠陥検査装置の概略側面説明図である。

【図 4】本発明の一実施例における照明手段の一部を示す概略説明図である。

【図 5】図 1 の実施例における照明手段とボディとの位置関係を示す正面説明図である。

【図 6】照明手段の光拡散シートおよびシートガイドの一例を示す概略斜視説明図である。

【図 7】照明手段、撮像装置およびボディの位置関係を表す概略平面説明図である。

【図 8】光拡散シートの移動を示す平面説明図である。

【図 9】カメラの取付位置の一例を示す概略正面説明図である。

【図 10】カメラ視野の説明図である。

【図 11】フード／トランク面およびドア面用参照モデルの一例を示す正面図（a）、平面図（b）および側面図（c）である。

【図 12】ルーフ面およびピラー面用参照モデルの一例を示す正面図（a）、平面図（b）および側面図（c）である。

【図 13】照明手段、カメラおよび参照モデルの位置関係を示す概略平面説明図である。

【図 14】参照モデル表面のカメラ視野調整用図形の二例（a）（b）を示す説明図である。

【図 15】参照モデルの異なる形状の二例（a）（b）を説明するための各々概略正面説明図である。

【図 16】図 11 に示す参照モデルを用いたカメラ視野調整の一例を示す概略正面説明図である。

【図 17】図 12 に示す参照モデルを用いたカメラ視野調整の一例を示す概略正面説明図である。

【図 18】コンベアを一部拡大して示す概略側面説明図である。

【図 19】画像強調処理手段および追跡処理手段における画像（a）～（c）および処理フロー（d）の一例を示す説明図である。

【図 20】時間的に異なる画像における欠陥の移動を（a）～（g）に別けて示す説明図である。

【図 21】カメラ視野および展開図を示す説明図である。

【図 22】ボディを回転させない状態（a）およびボディを回転させた状態（b）を示す説明図である。

【図 23】ボディに対するカメラ取付角度および画角を示す概略平面説明図である。

【図 24】ボディの側面における明暗パターンを示す概略平面説明図である。

【図 25】ボディの水平面における明暗パターンを示す概略側面説明図である。

【図 26】欠陥発生源の推定フローを示す説明図である。

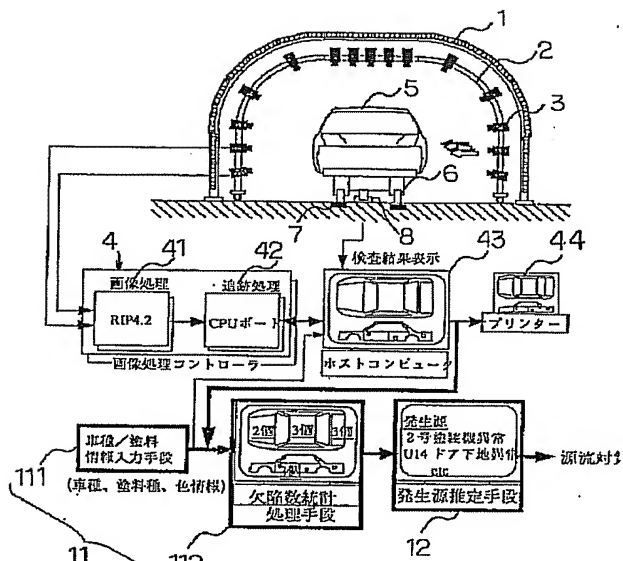
【図 27】本発明の他の実施例による表面欠陥検査装置を機能ブロック図と共に示す概略正面説明図である。

【図 28】本発明のさらに他の実施例による表面欠陥検査装置を機能ブロック図と共に示す概略正面説明図である。

【符号の説明】

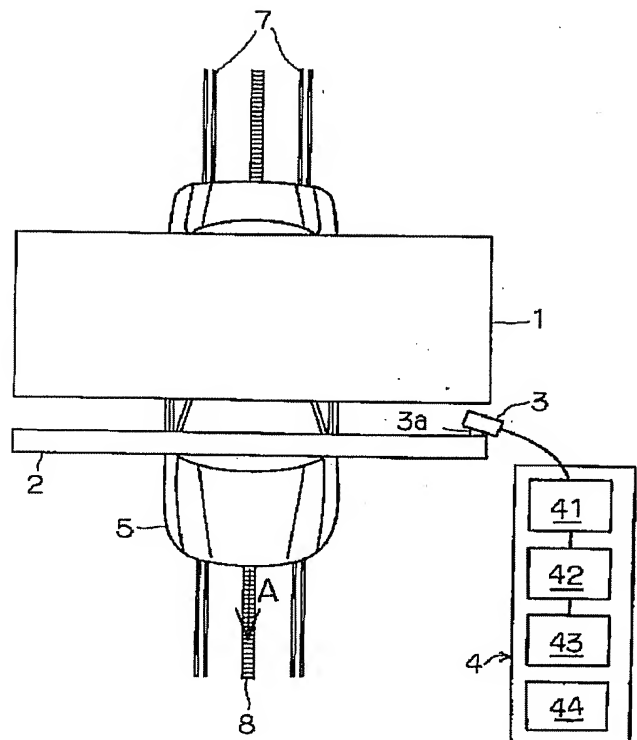
1	照明手段
2	撮像装置固定手段
3	CCDカメラ（撮像装置）
4	検査処理手段
5	ボディ（被検査体）
11	欠陥数統計処理手段
12	欠陥発生源推定手段
41	画像強調処理手段
42	追跡処理手段
43	ホストコンピュータ
44	検出結果出力手段（プリンター）
91, 92	参照モデル
101	光源
102	背景板
105	光拡散シート
105a	光透過部
105b	艶消し黒色部
106	シートガイド
111	車種／塗料情報入力手段
112	統計処理手段
113	車種検知手段
114	ボディ色検出手段

【図 1】

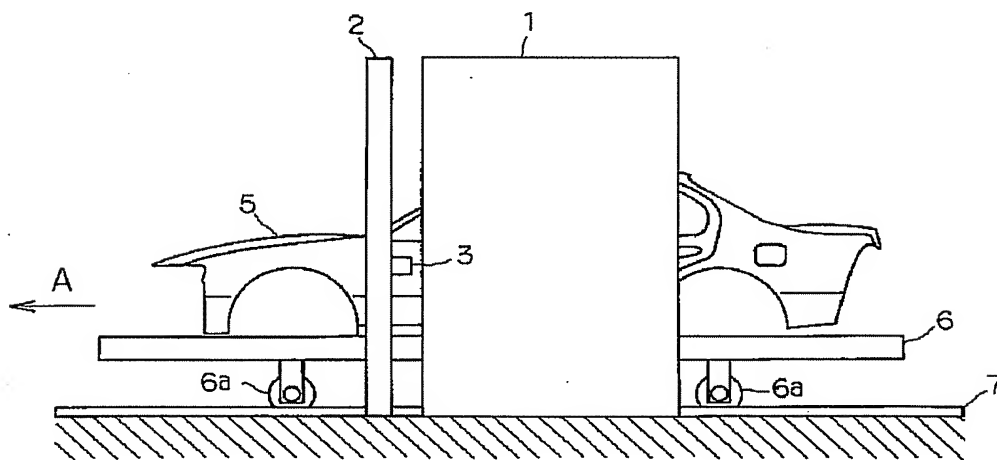


(ボディ識別: 車種、色、水平垂直、左右、上下)
 (欠陥識別: サイズ、形状、位置、密度、顔度)

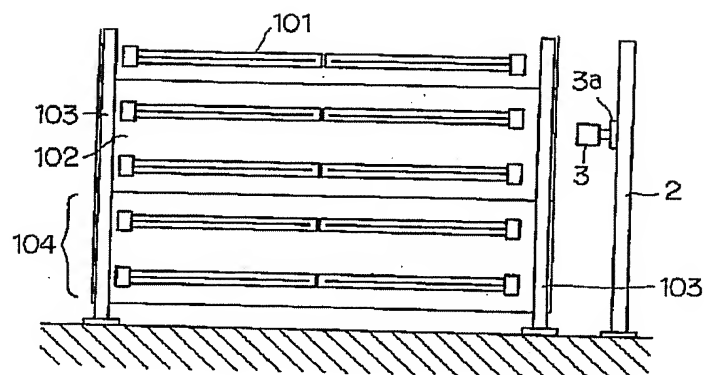
【図 2】



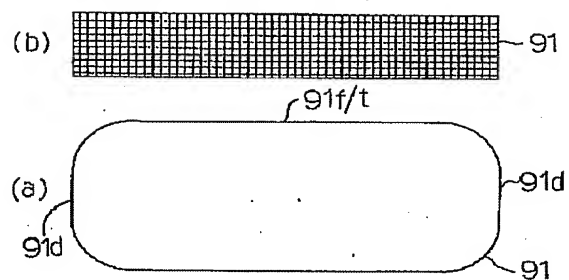
【図 3】



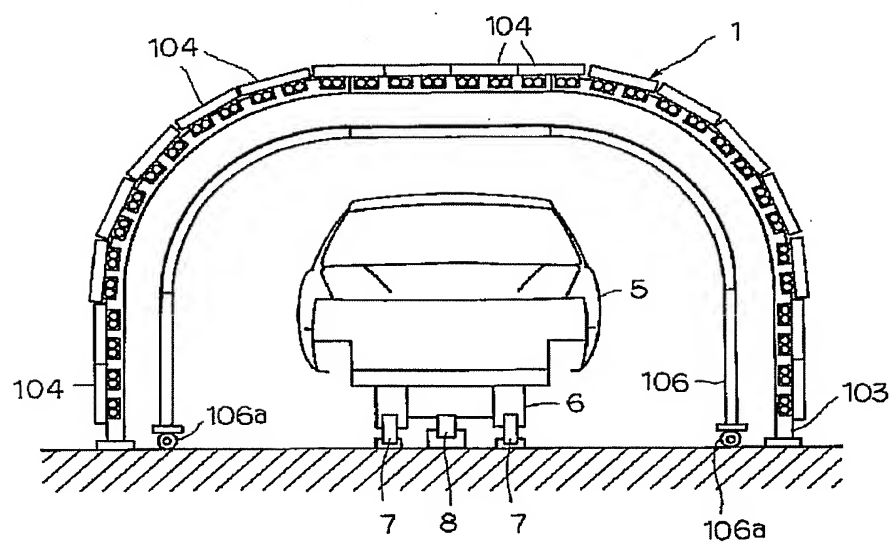
【図 4】



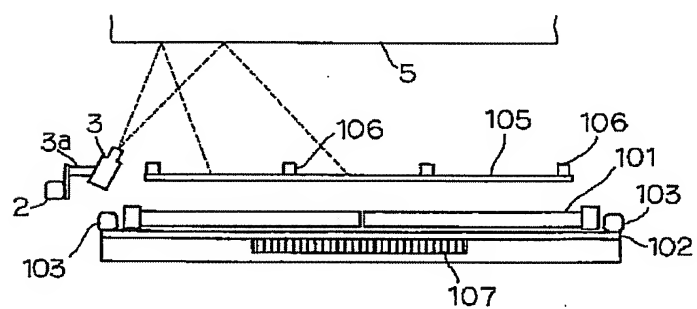
【図 11】



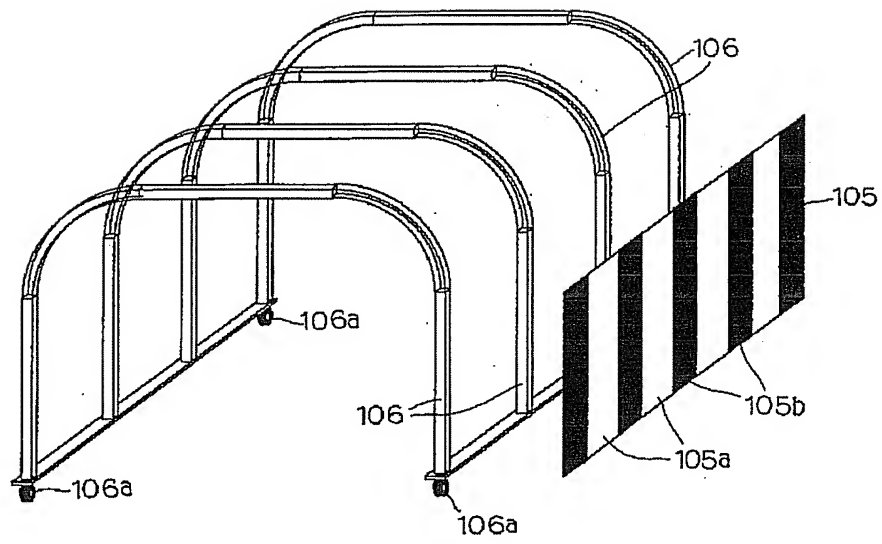
【図 5】



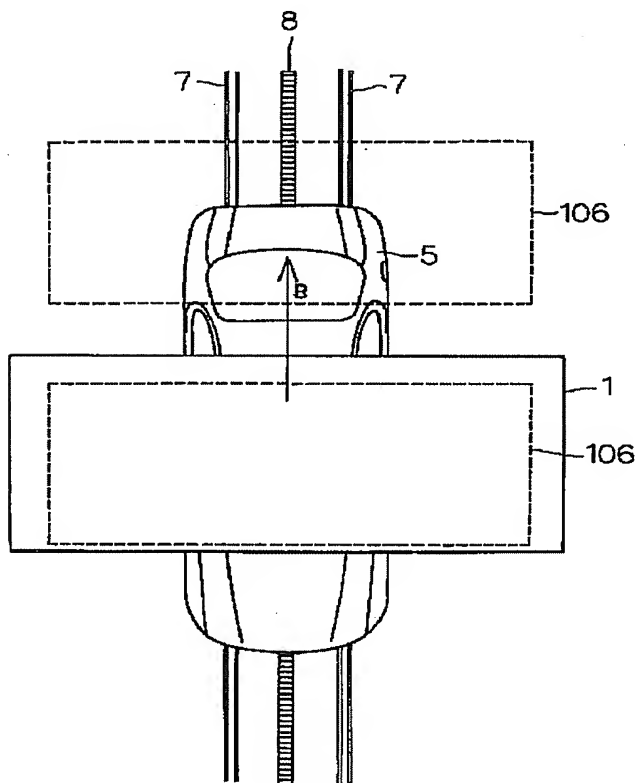
【図 7】



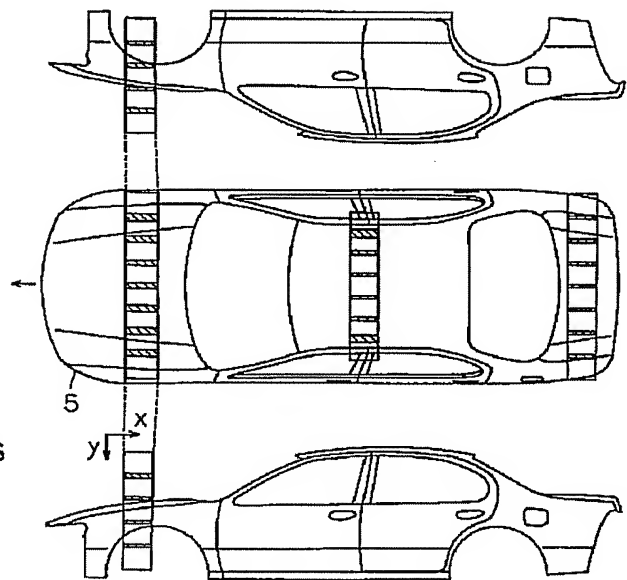
【図 6】



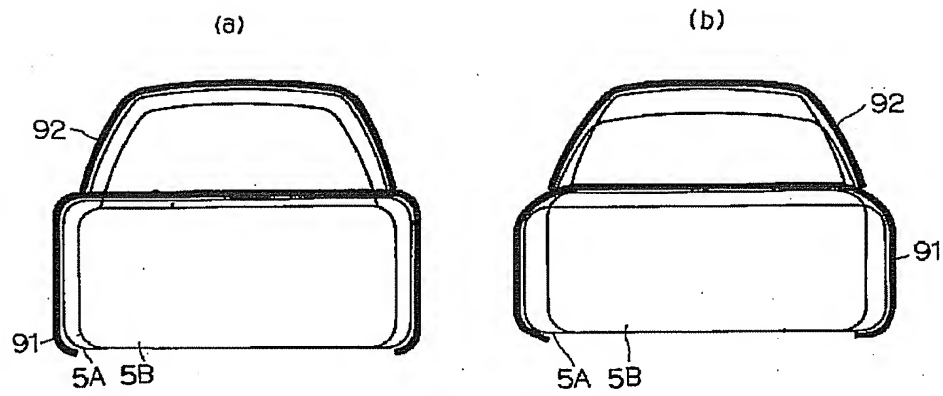
【図 8】



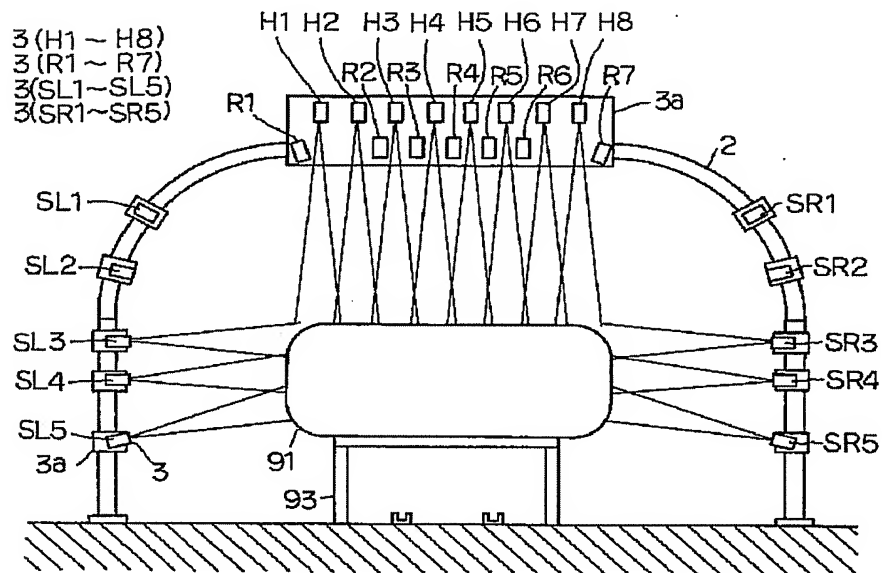
【図 10】



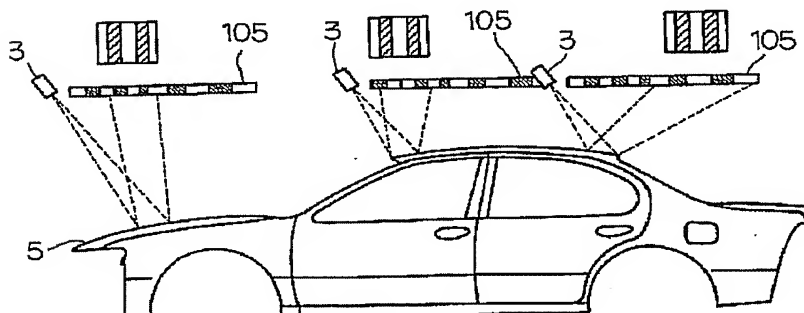
【図 15】



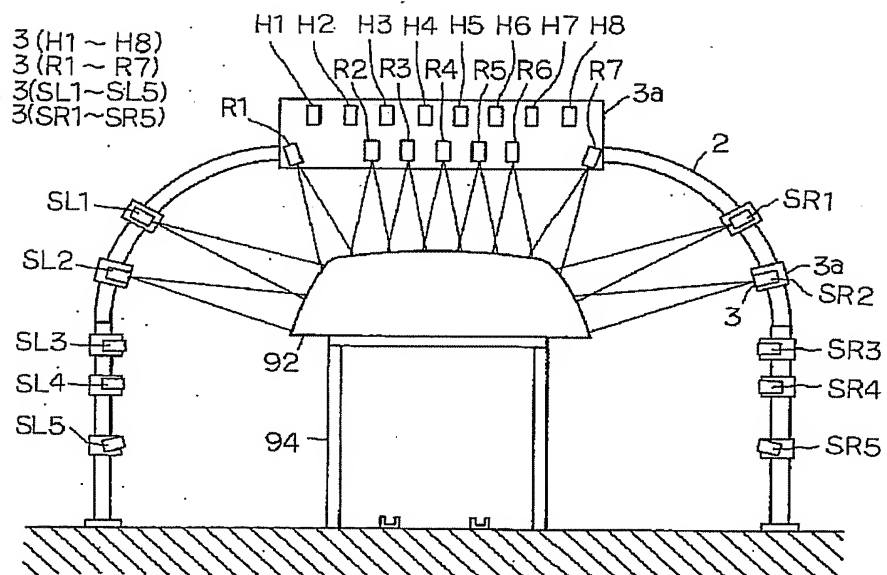
【図 16】



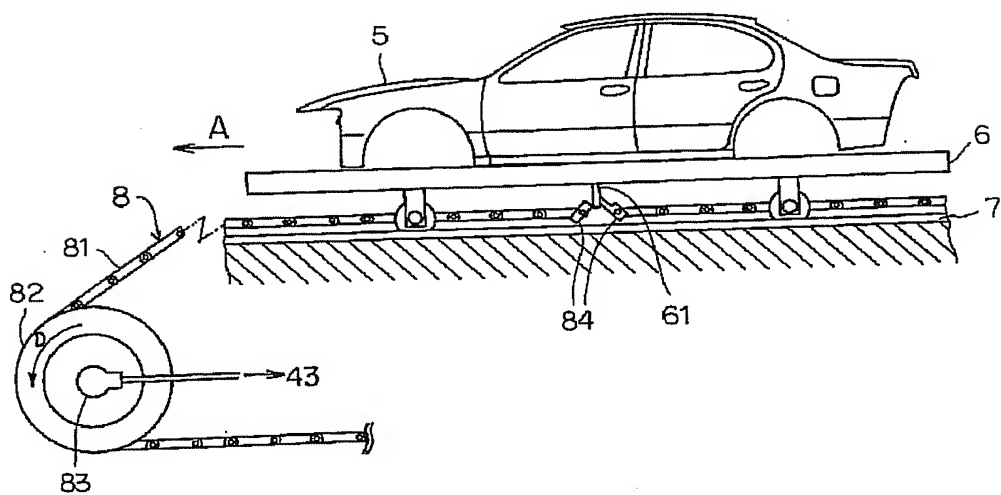
【図 25】



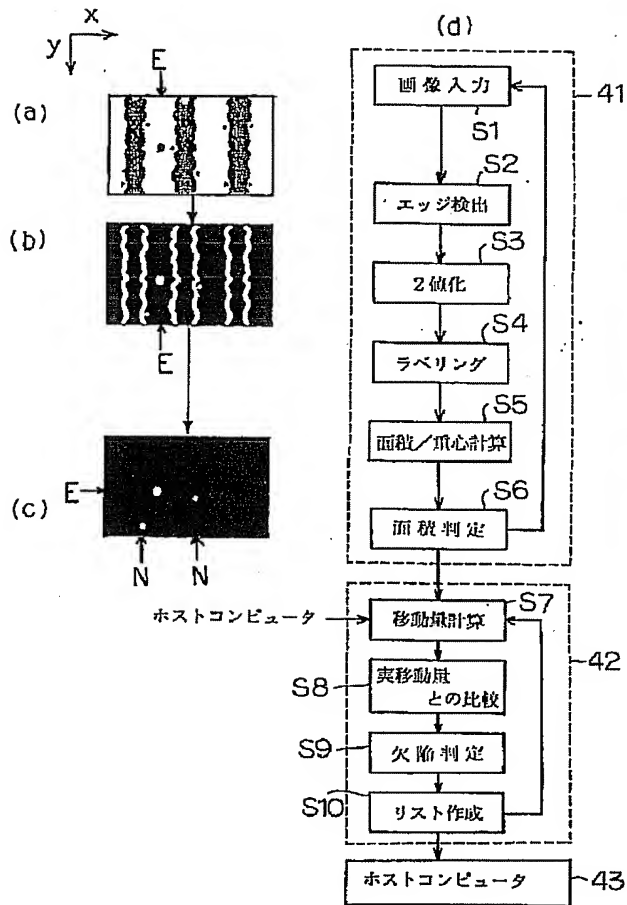
【図 17】



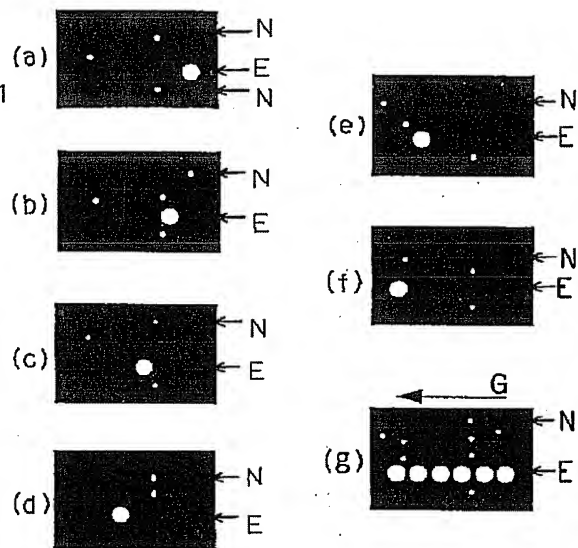
【図 18】



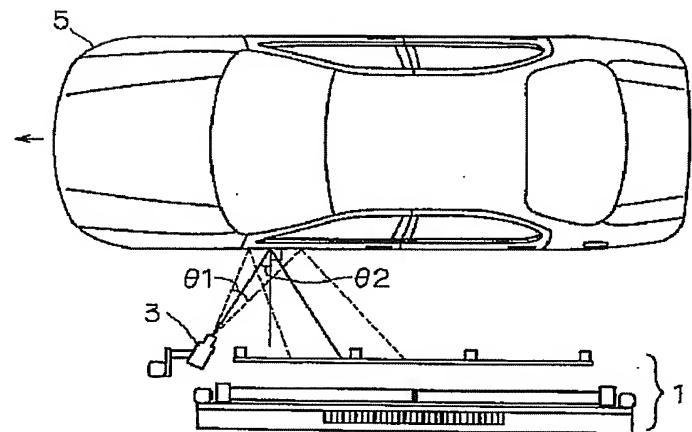
【図 19】



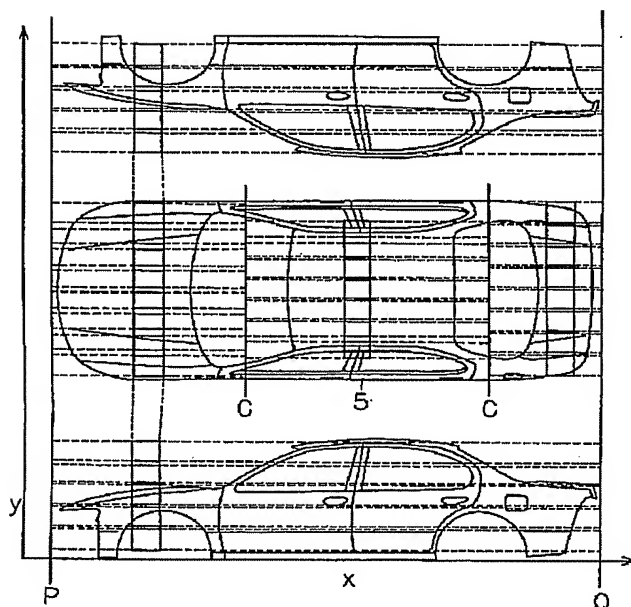
【図 20】



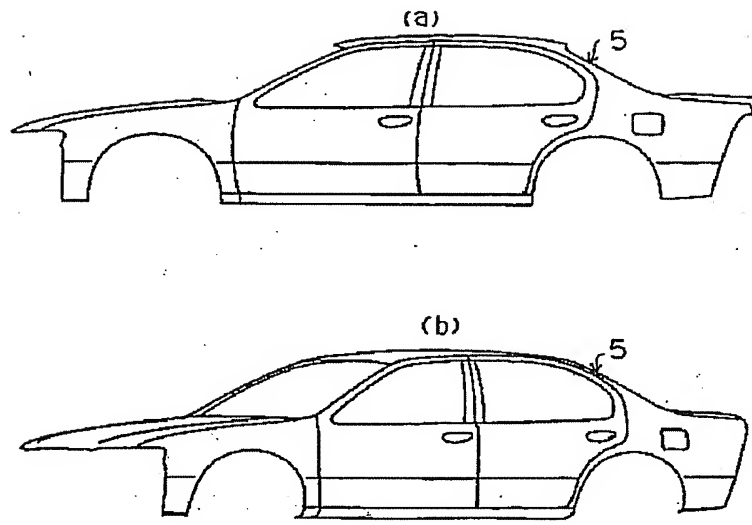
【図 23】



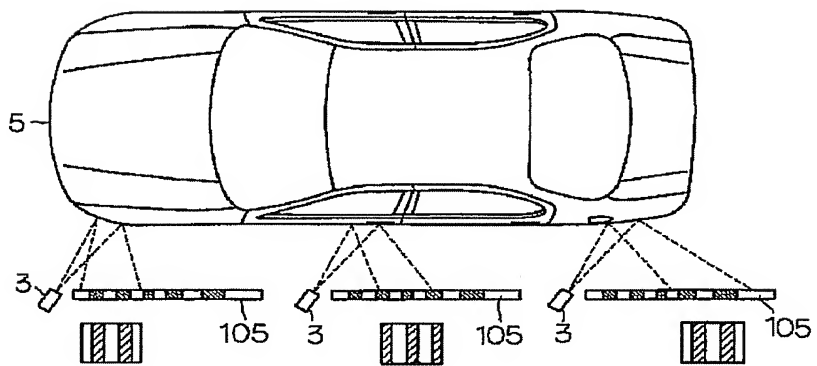
【図 21】



【図 2 2】

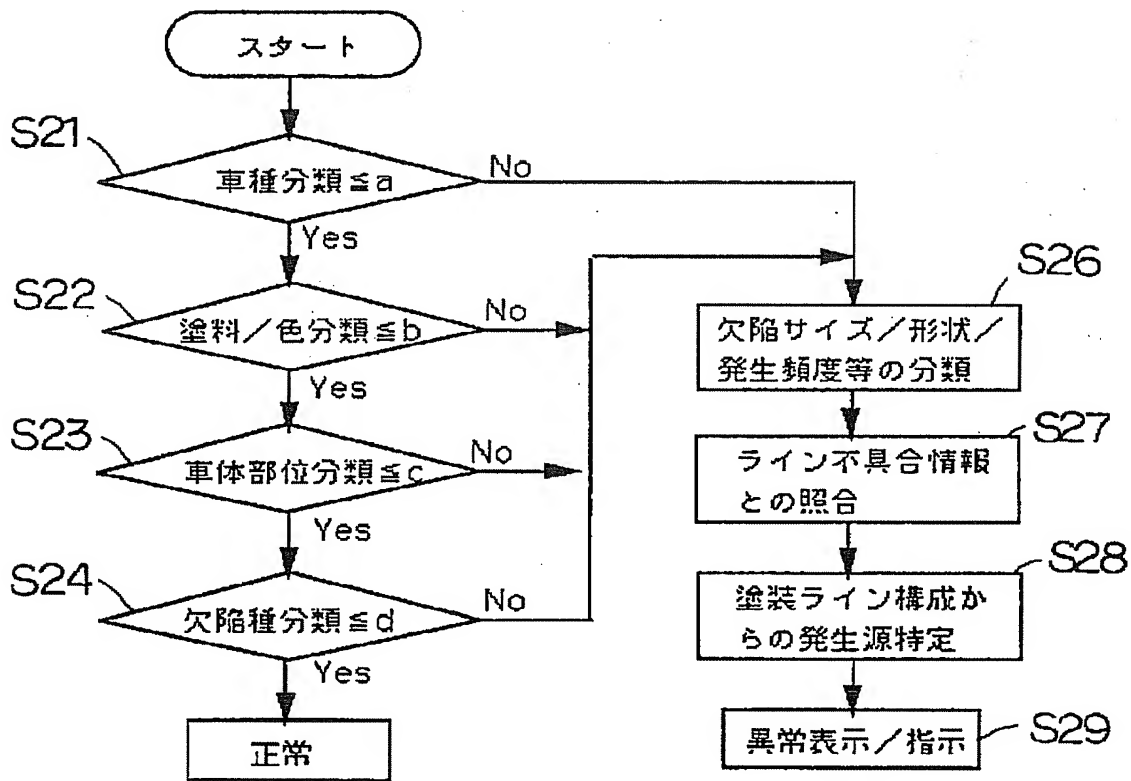


【図 2 4】

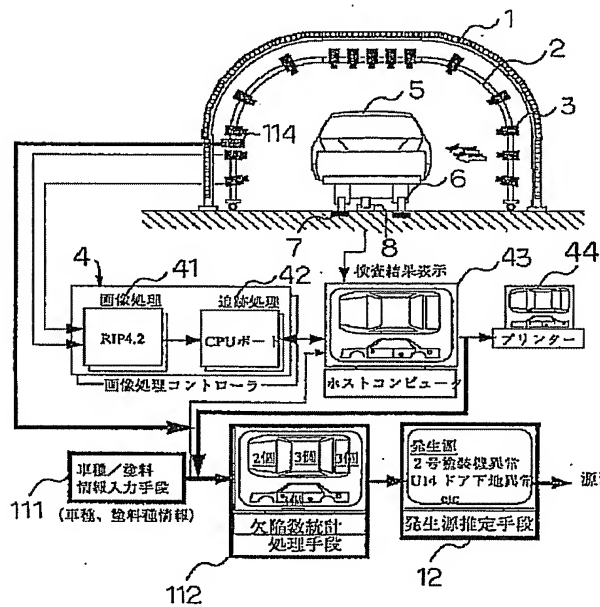


【図 26】

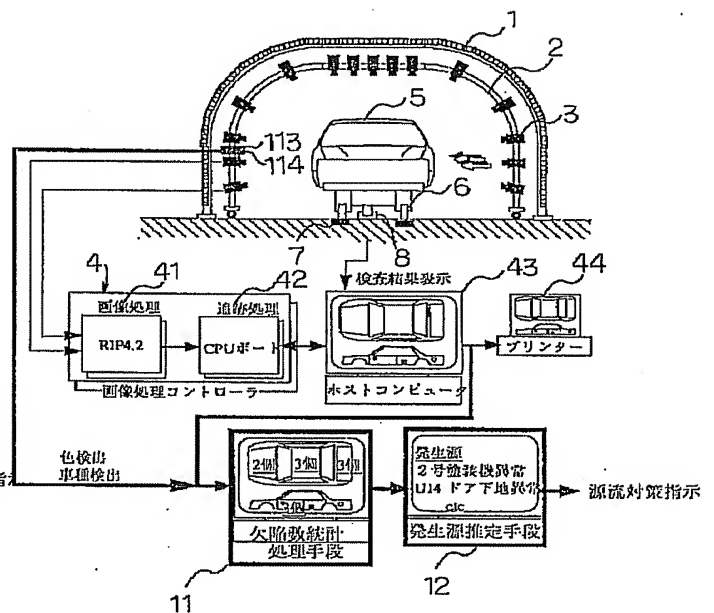
欠陥の発生源推定フローの例



【図 27】



【図 28】



【手続補正書】

【提出日】平成 8 年 8 月 1 9 日

【補正方法】変更

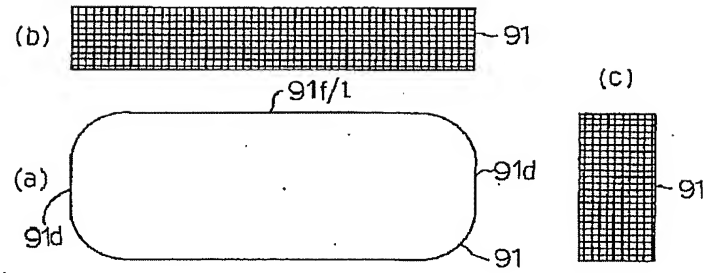
【手続補正 1】

【補正内容】

【補正対象書類名】図面

【図 1 1】

【補正対象項目名】図 1 1



フロントページの続き

(72)発明者 渡 辺 正 実

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産
自動車株式会社内